

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-136470

(43)公開日 平成7年(1995)5月30日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 0 1 D 63/02		6953-4D		
63/00	5 0 0	8014-4D		
65/02	5 2 0	8014-4D		

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平5-283534

(22)出願日 平成5年(1993)11月12日

(71)出願人 000006035

三菱レイヨン株式会社

東京都中央区京橋2丁目3番19号

(72)発明者 亘 謙治

愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号

三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内

(72)発明者 小林 真澄

愛知県名古屋市東区砂田橋四丁目1番60号

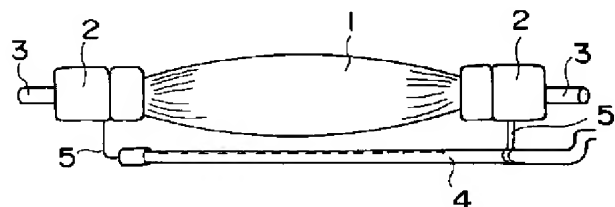
三菱レイヨン株式会社商品開発研究所内

(54)【発明の名称】 散気管付き中空糸膜モジュール及び組立体

(57)【要約】 (修正有)

【目的】高汚濁性水の汙過に使用しても、使用により低下した汙過機能の回復処理が容易に、且つ効率良く実施できる中空糸膜モジュールを提供することを目的とする。

【構成】中空糸膜1の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング2内の固定部材でそれぞれ開口状態を保ちつゝ固定されてなる中空糸膜モジュールであつて、散気管4がモジュールに固定され一体化している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中空糸膜の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材でそれぞれ開口状態を保ちつつ固定されてなる中空糸膜モジュールであって、散気管がモジュールに固定され一体化していることを特徴とする中空糸膜モジュール。

【請求項2】 シート状中空糸膜編織物で構成され、中空糸膜の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材で開口状態を保ちつつ固定され、固定部材の中空糸膜に垂直な断面の形状がいずれもほぼ矩形である中空糸膜モジュールで、中空糸膜の糸長方向と平行に散気管を有することを特徴とする請求項1記載の中空糸膜モジュール。

【請求項3】 シート状中空糸膜編織物で構成され、中空糸膜の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材で開口状態を保ちつつ固定され、固定部材の中空糸膜に垂直な断面の形状がいずれもほぼ矩形である中空糸膜モジュールで、それぞれ集水管或は中空糸集束端部で固定された2本の散気管を有し、それぞれの散気管の長さが有効中空糸長のほぼ1/2であり、散気管の先端部が閉じてあり、且つ散気管の固定部から先端部に向かってモジュールの外側方向へ散気管が傾斜をつけて配されていることを特徴とする請求項2記載の中空糸膜モジュール。

【請求項4】 シート状中空糸膜編織物で構成される平型の中空糸膜モジュールが複数個配設されてなり、シート状の各中空糸膜がそれぞれほぼ平行に位置するように中空糸膜モジュールの構造材が汙液を導く導水管に接続されてなる中空糸膜モジュール組立体に於て、中空糸膜の糸長方向と平行に散気管が配設されていることを特徴とする中空糸膜モジュール組立体。

【請求項5】 シート状中空糸膜編織物で構成される平型の中空糸膜モジュールが複数個配設されてなり、シート状の各中空糸膜がそれぞれほぼ平行に位置するように中空糸膜モジュールの構造材が汉液を導く導水管に接続されてなる中空糸膜モジュール組立体に於て、中空糸膜の糸長方向に対して垂直方向に散気管が配設されていることを特徴とする中空糸膜モジュール組立体。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、中空糸膜モジュールに関し、特に汚濁性の高い液体を汉過するのに適した中空糸膜モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、中空糸膜モジュールは、無菌水、飲料水、高純度水の製造や、空気の浄化といった所謂精密汉過の分野において多く利用されてきたが、近年、下水処理場における二次処理、三次処理や、浄化槽における固液分離等の高汚濁性水処理用途に用いる検討が様々な形で行われている。

【0003】このような用途に用いる中空糸膜モジュールは、汉過処理時における中空糸膜の目詰まりが大きいために、一定時間汉過処理後、空気を送って中空糸膜を振動させて膜表面を洗浄したり、汉過処理と逆方向に処理水を通水するなどの膜面洗浄を繰り返している。空気を送ることによる膜面洗浄は、モジュールを装着した缶体や槽内に散気管或は散気板を取り付け、そこから水中にバブリングを行うことにより、モジュールの膜面洗浄を行う方法が多かった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような従来の中空糸膜モジュールを用いて高汚濁性水（例えば、 $ss \geq 50 \text{ ppm}$ 、 $TOC \geq 100 \text{ ppm}$ ）の汉過処理を行った場合には、使用に伴い中空糸膜表面に付着した有機物等の堆積物を介して、中空糸膜同士が固着（接着）して一体化されることにより、モジュール内の中空糸膜の有効膜面積が減少し、汉過流量の急激な低下がみられた。また、このようにして中空糸膜同士が固着して一体化した中空糸膜モジュールを定期的の膜面洗浄や逆洗を行う場合も、一旦固着一体化したモジュールの機能回復は容易ではなく、洗浄効率の低下が見られた。

【0005】この問題の解決策として、集束型で円筒形の中空糸膜モジュールに換えて、中空糸膜をシート状に配置し、中空糸膜の片端部若しくは両端部が、一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材でそれぞれ開口状態を保ちつつ固定されてなる中空糸膜モジュールであって、固定部材の中空糸膜に垂直な断面の形状がいずれも細長いほぼ矩形である中空糸膜モジュールが提案されている（特開平5-220356号公報）。

【0006】このようなシート状の平型の中空糸膜モジュールは、中空糸膜を層間隔を設けて内外層に均等に配置させることが可能となり、膜面洗浄の際、中空糸膜表面を均等に洗浄することが極めて容易となるので、これまでのような汉過効率の低下を抑えることができるなど、高汚濁性水の汉過に適したモジュールである。

【0007】このようなモジュールの膜面洗浄は主にエアによるスクラビング洗浄が用いられる。このとき、上記のような平型の中空糸膜モジュール及びこれまでの円筒形のモジュールにおいても缶体或は膜浸漬槽内に散気管或は散気板を設置し、そのエアバブリングがモジュール全体に均等に当たるようにモジュールを缶体内或は槽内に装着、支持する方式を採用してきた。

【0008】然乍、この方式の場合、モジュールを支持、固定するとき、モジュール全体に均等にエアバブルが当たるように配置するのは煩雑な作業である。特に、複数の平型中空糸膜モジュールを装着する場合などは、全てのモジュールに対して均等にエアを当てる必要があり、さらに難しい作業となる。また、最初に、モジュールの配置を適切に行ったとしても、運転中にモジュール或は散気管が僅かに移動したり、散気管の場所に

よってエアの流量が異なってくるなどの理由により各モジュール及びモジュール各部でスクラビング洗浄効率が異なってくる問題点がある。

【0009】さらに、複数枚のシート状中空糸膜編織物を用いた平型中空糸膜モジュールに於て、槽内でシート面を垂直に、かつ中空糸の長手方向を水平にしてモジュールを固定して運転する場合は、中空糸膜の編地と編地の間にエアバブルを通過させ、編地間の中空糸同士の間で固着や濁質の堆積を防ぐことが重要であり、全てのモジュールの編地間へエアバブルを通過させるように槽内の散気管とモジュールをそれぞれ配置するのは極めて困難であるという問題もある。本発明は、高汚濁性水の汙過に使用しても、使用により低下した汙過機能の回復処理が容易に、且つ効率良く実施できる中空糸膜モジュールを提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は以下の通りである。

(1) 中空糸膜の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材でそれぞれ開口状態を保ちつつ固定されてなる中空糸膜モジュールであって、散気管がモジュールに固定され一体化していることを特徴とする中空糸膜モジュール。

【0011】(2) シート状中空糸膜編織物で構成され、中空糸膜の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材で開口状態を保ちつつ固定され、固定部材の中空糸膜に垂直な断面の形状がいずれもほぼ矩形である中空糸膜モジュールで、中空糸膜の糸長方向と平行に散気管を有することを特徴とする

(1) 記載の中空糸膜モジュール。

【0012】(3) シート状中空糸膜編織物で構成され、中空糸膜の片端部若しくは両端部が一つ或は異なる二つのハウジング内の固定部材で開口状態を保ちつつ固定され、固定部材の中空糸膜に垂直な断面の形状がいずれもほぼ矩形である中空糸膜モジュールで、それぞれ集水管あるいは中空糸集束端部で固定された2本の散気管を有し、それぞれの散気管の長さが有効中空糸長のほぼ1/2であり、散気管の先端部が閉じてあり、且つ散気管の固定部から先端部に向かってモジュールの外側方向へ散気管が傾斜をつけて配されていることを特徴とする

(2) 記載の中空糸膜モジュール。

【0013】(4) シート状中空糸膜編織物で構成される平型の中空糸膜モジュールが複数個配設されてなり、シート状の各中空糸膜がそれぞれほぼ平行に位置するように中空糸膜モジュールの構造材が汙液を導く導水管に接続されてなる中空糸膜モジュール組立体に於て、中空糸膜の糸長方向と平行に散気管が配設されていることを特徴とする中空糸膜モジュール組立体。

【0014】(5) シート状中空糸膜編織物で構成される平型の中空糸膜モジュールが複数個配設されてなり、

シート状の各中空糸膜がそれぞれほぼ平行に位置するように中空糸膜モジュールの構造材が汉液を導く導水管に接続されてなる中空糸膜モジュール組立体に於て、中空糸膜の糸長方向に対して垂直方向に散気管が配設されていることを特徴とする中空糸膜モジュール組立体。

【0015】以下に本発明を図面に従い詳細に説明する。図1、図2は、本発明の中空糸膜モジュールの一例を示した外観図であり、図1は、円筒形のモジュールで、中空糸膜の長手方向とほぼ平行に散気管を配置したモジュールの側面図である。図2は、円筒形のモジュールの一つの中空糸膜集束端部のハウジングの外周にリング状の散気管が固定してあるモジュールの斜視図である。

【0016】図3はシート状中空糸膜編織物を用いた平型の中空糸膜モジュールで、シート面を垂直にし、且つ中空糸の長手方向を水平に固定した中空糸膜編織物の真下に散気管を取り付け中空糸膜の長手方向と平行に配設したモジュールの斜視図である。

【0017】図4は、平型の中空糸膜モジュールで、図3と同様の中空糸膜の固定を行い、中空糸膜編織物の真下に散気管を設けてあるが、先端部を閉じた散気管を二本用い、それぞれの散気管は集水管で固定され、且つ散気管の先端部が下方に傾斜が施されている散気管を有するモジュールである。

【0018】図5はシート状中空糸膜モジュール組立体の下部に中空糸の糸長方向に対して垂直に散気管を配設した中空糸膜モジュール組立体の斜視図である。1は中空糸膜、2はハウジング、3は導水管、4は散気管、5、5'は散気管を固定する取り付け治具、6はシート状中空糸膜、7は集水管、8、8'、8''はマニホールド、9は散気管固定部、10は汉液取り出し口、11はエア入口をそれぞれ示している。

【0019】中空糸膜1、6は、例えばセルロース系、ポリオレフィン系、ポリビニルアルコール系、ポリスルホン系等の各種材料からなるものが使用でき、特にポリエチレン、ポリプロピレンなどの強伸度の高い材質のものが好ましい。なお、汉過膜として使用可能なものであれば、孔径、空孔率、膜厚、外径等には特に制限はないが、除去対象物や容積当たりの膜面積の確保及び中空糸膜の強度等を考えると、好ましい例としては、孔径0.01~1 μ m、空孔率20~90%、膜厚5~300 μ m、外径20~2000 μ mの範囲を挙げることができる。また、バクテリアの除去を目的とする場合の孔径は0.2 μ m以下であることが必須となり、有機物やウイルスの除去を目的とする場合には分画分子量数万から数十万の限外汉過膜を用いる場合もある。

【0020】中空糸膜の表面特性としては表面に親水性基等を持ついわゆる恒久親水化膜であることが望ましい。恒久親水化膜の製法としては、ポリビニルアルコール系のような親水性高分子で中空糸膜を製造する方法、

または疎水性高分子膜の表面を親水化する方法など公知の方法が使用できる。例えば親水性高分子を膜面に付与し疎水性中空糸膜を親水化する際の親水性高分子の例としては、エチレン-酢酸ビニル系共重合体鹸化物、ポリビニルピロリドン等を挙げることができる。

【0021】別の手法による膜面親水化の例としては、親水性モノマーの膜面重合方式があり、このモノマーの例としてはジアセトンアクリルアミド等を挙げることができる。また、他の手法としては疎水性高分子（例えばポリオレフィン）に親水性高分子をブレンドして紡糸製膜する方法を挙げることができ、使用する親水性高分子の例としては上述したものが挙げられる。

【0022】表面が疎水性の中空糸膜であると、被処理水中の有機物と中空糸膜表面との間に疎水性相互作用が働き膜面への有機物吸着が発生し、それが膜面閉塞につながり汙過寿命が短くなる。また、吸着由来の目詰まりは膜面洗浄による汉過性能回復も一般には難しい。恒久親水化膜を用いることに有機物と中空糸膜表面との疎水性相互作用を減少させることができ、有機物の吸着を抑えることができる。さらに、疎水性膜では使用中のスクラビング洗浄において、そのバブリングエアによって乾燥、疎水化が生じ、フラックスの低下を招くことがあるが、恒久親水化膜では乾燥してもフラックスの低下を招くことがない。

【0023】ハウジング2は、樹脂固定してある中空糸膜集束端部を固定する部材として機能し、散気管を固定、支持する部材でもある。また、中空糸集束端面より得られる汉液を集め、導水管3に通じている。導水管3は、汉液が流れるパイプである。散気管4は、中空糸の膜面洗浄を行うために、水中でエアバブリングを行うためのものであり、パイプに孔を開けたものを用いる。孔の径、ピッチには特に制限はないが、モジュールの大きさ、バブリングの効率を考慮すると、パイプ径は8～30mm、孔の径は2～5mm、ピッチは30～200mmの範囲が好ましい。

【0024】ハウジング2、導水管3、並びに散気管4の材質としては、機械的強度及び耐久性を有するものであればよく、例えばポリカーボネート、ポリスルホン、ポリプロピレン、アクリル樹脂、ABS樹脂、変性PPO樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂などが挙げられる。また、ステンレス等の腐食し難い金属を用いることもできる。散気管を固定する取り付け治具5、5'は、散気管が固定できるものであればどんな物でもよく、ステンレス製、樹脂製など材質も腐食されにくい物であれば構わない。

【0025】シート状中空糸膜6は、中空糸膜をシート状に編んだ物であり、シート状中空糸膜の製法としては任意の手法が用いられ、例えば、特公平4-26886号公報や特開昭63-91673号公報に記載されている装置や方法を用いると容易である。

【0026】集水管7は平型の中空糸膜モジュール全体を支持する部材として機能し、細長い、ほぼ矩形の開口部を有する。この集水管7の開口部は、そこに中空糸膜を伴って充填固定される固定部材の中空糸膜に垂直な断面の形状が細長いほぼ矩形をしたものである。なお、集水管の片側の開口部は汉液の取り出し口に通じ、別の片側は閉じてあり、散気管固定部9により散気管を固定している。

【0027】マニホールド8、8'、8''は、平型の中空糸膜モジュールの集水管を固定し、複数のモジュールを並列一体化する際の固定部材である。モジュールの上方のマニホールド8はそれぞれの集水管から得られた汉液を集めることができるようにマニホールドの中央を管が通る構造になっている。下方のマニホールド8'、8''も複数のモジュールを固定する部材で、集水管を固定すると同時に集水管の片端を閉じている。また、8'は散気管を固定する役割もあり、8''は散気管を固定すると共にエアを通じる管が通っている。集水管7、マニホールド8、8'、8''の材質は、前記の散気管などの材質に準じる。

【0028】図3、図4に於て、集水管7の下側の端は閉じてあり、散気管4とは通じていない。また、図4の散気管4は、図面では、曲線を描くように傾斜が施されているが、直線状に傾斜していても構わない。図3並びに図4のモジュールにおいては、複数のモジュールを使用する場合、シート面が重なるように並列させて使用するのが好ましい。

【0029】図5のような中空糸膜モジュール組立体の場合には、缶体や処理槽をコンパクトにするため、並びにエアースクラビングを効率よく行うことを考慮すると隣接するシートの間隔は小さい方が好ましいが、間隔を狭めすぎるとシート間にエアバブルが通り難くなることが考えられる。従って、シート間の間隔は適切な間隔が要求され、その間隔は5～60mmの範囲が適当である。実際にはモジュールの大きさ、シート枚数、エアースクラビング等の逆洗条件を考慮してシート間の間隔を選択することができる。また、図面では散気管4はモジュールの糸長方向に対して垂直に配設してあるが、この散気管は、糸長方向に平行に配設しても差し支えない。

【0030】本発明の中空糸膜モジュールの使用にあたっては、モジュールを密閉容器に配設して、被処理水を加圧して中空糸膜を透過させる所謂加圧汉過方法も採用できるが、活性汚泥槽や沈澱槽等に中空糸膜モジュールを配設し、中空糸汉過膜を透過した処理水を回収するサイドを吸引する吸引汉過法で使用する事が好ましい。特に、周期的に所定時間吸引を停止する、所謂間欠吸引運転方法を採用することにより、膜面堆積物が内部の細孔へ入り込むのを効率的に防止することができ、中空糸膜モジュールの機能回復処理頻度を低下させることができる。

【0031】

【作用】散気管を中空糸膜モジュールと一体化してあるのでモジュール全体に均等にエアースクラビングが行われ洗浄効率が上昇する。缶体あるいは処理槽への装着の際、散気管とモジュールが一体化していることで、配置、装着の作業が極めて容易になり、散気管とモジュールの細かい位置関係を設定する必要がなくなる。また、運転中にモジュールの位置が初期の位置からずれることがあっても、エアースクラビングが適切に行われる。

【0032】平型モジュールの中央部で下方に傾斜が施されている散気管の場合では、モジュール全体で最も透過流束の大きいポッティング近傍に主にエアースクラビングがなされることになり、目詰まりをこの部分の目詰まりを抑えることで高い汙過流量を長時間持続することができる。複数の平型モジュールに散気管を配設したものは、装着が非常に容易であり、運転時のエアースクラビングもモジュール全体に効率よく行われるため、大きい膜面積を要する処理槽に適用可能である。

【0033】

【実施例】本発明を実施例により具体的に説明する。

実施例1

図3に示すような中空糸膜モジュールを作製した。中空糸膜6は、エチレン-酢酸ビニル共重合体の醜化物を表面に保持したポリエチレン製の多孔質中空糸膜であり、これをシート状に編んで編織物とした。中空糸膜編織物は糸長方向の長さが790mm、中空糸膜の配列方向の長さが500mmのものを2枚用い、それを積層して中空糸膜編織物の両端部をポリウレタン樹脂で固定した。なお、中空糸膜6の各端部を開口状態を保ったまま樹脂固定した。このように両端部を樹脂固定した中空糸膜編織物をポリ塩化ビニル製のパイプにはめ込んでモジュール化した。

【0034】パイプは内径30mm、外径35mm、長さ600mmのものをを用い、予め中空糸膜の樹脂固定部の寸法に合わせて切れ込みを入れてあるものをを用いた。このパイプが集水管7にあたる。それぞれ2本の集水管で、それぞれ同じ片側の端部は汙液を回収するための導水管を接続し、もう一方の端部はそれぞれ閉じてあり、この部分で散気管を固定している。散気管は、ポリ塩化ビニル製のパイプであり、内径10mm、外径13mmのものに、60mmピッチで直径3mmの孔を開けたパイプを用いた。

【0035】このモジュールを200ppmの酵母懸濁水中に浸漬し、導水管とポンプの入り口側を接続して、モジュールの二次側よりポンプで吸引して汉過を行った。汉過運転中は連続的に35Nl/minのエアーを散気管に送り、エアースクラビングを行った。その結果、良好なスクラビング洗浄が行われ、 $0.013\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ の定流量汉過において、6ヶ月間膜間差圧は10～25cmHgであり、安定した汉過が行われた。

【0036】実施例2

図5に示すような中空糸膜モジュール組立体を作製した。実施例1で作製したものと同様に両端部を樹脂固定した中空糸膜編織物を作製し、これをポリ塩化ビニル製のパイプにはめ込んでモジュール化した。パイプは内径30mm、外径35mm、長さ600mmのものをを用い、予め中空糸膜の樹脂固定部の寸法に合わせて切れ込みを入れてあるものをを用いた。このパイプが集水管7にあたる。このような中空糸膜モジュールを4個作製し、シート面が重なるように並列させた状態で、集水管の端部をマニホールドでそれぞれ固定し、4個のモジュールの組立体を作製した。

【0037】図面でマニホールド8はそれぞれの集水管から得られた汉液を集めることができるようにマニホールド内中央部を管が通る構造になっており、それぞれの集水管の開口部がその管に通じ汉液を回収できるようにした。一方、下方のマニホールド8'、8''でもそれぞれのモジュールを固定し、それと同時に集水管の開口部を閉じた。また、マニホールド8'、8''で散気管を固定し、マニホールド8''内部の管を通してスクラビングエアーを散気管に供給した。散気管は、ポリ塩化ビニル製のパイプであり、内径10mm、外径13mmのものに、30mmピッチで直径3mmの孔を開けたパイプを用いた。パイプの長さは180mmで、先端を閉じた。このパイプを4本、中空糸の糸長方向と垂直に等間隔で配設した。

【0038】このモジュール組立体を200ppmの酵母懸濁水中に浸漬し、モジュールの二次側よりポンプで吸引して汉過を行った。汉過運転中は連続的に70Nl/minのエアーを散気管に送り、エアースクラビングを行った。その結果、良好なスクラビング洗浄がモジュール全体になされ、 $0.013\text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ の定流量汉過において、6ヶ月間膜間差圧は10～25cmHgであり、安定した汉過が継続できた。

【0039】

【発明の効果】本発明の中空糸膜モジュールは、散気管とモジュールを一体化してあるので、缶体或は処理槽への装着が容易で、モジュールと散気管の配置が適切に行われる。従って、モジュール全体に均等なエアースクラビングがなされ、洗浄効率が上昇するため、膜面への目詰まりが抑制され高い汉過流量が長時間継続する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の中空糸膜モジュールの一例を示す側面図である。

【図2】本発明の中空糸膜モジュールの一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の中空糸膜モジュールの一例を示す斜視図である。

【図4】本発明の中空糸膜モジュール組立体の一例を示す側面図である。

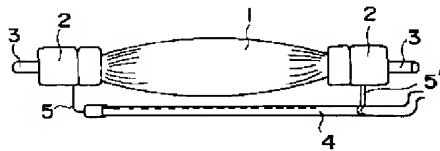
【図5】本発明の中空糸膜モジュール組立体の一例を示す斜視図である。

【符号の説明】

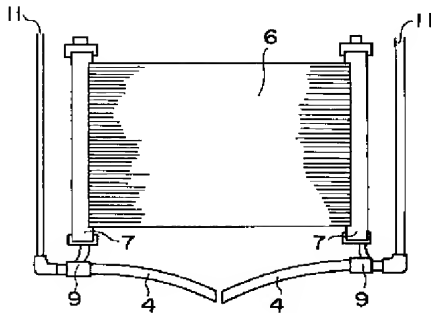
- 1 中空糸膜
2 ハウジング
3 導水管
4 散気管

- 5, 5' 散気管を固定する治具
6 シート状中空糸膜
7 集水管
8, 8', 8'' マニホールド
9 散気管固定部
10 汚液取り出し口
11 エアー流入口

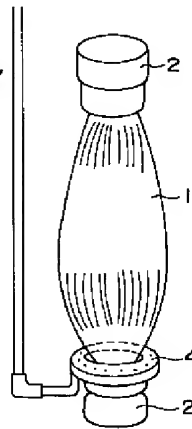
【図1】



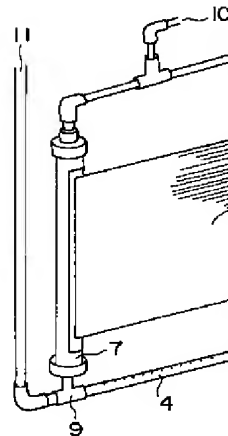
【図4】



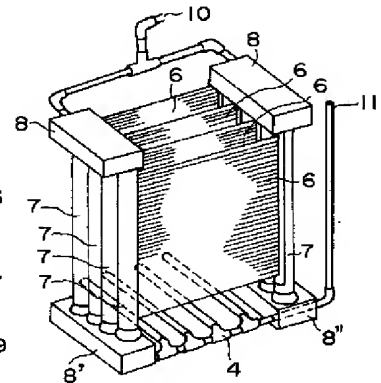
【図2】



【図3】



【図5】



【手続補正書】

【提出日】平成6年8月23日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0023

【補正方法】変更

【補正内容】

【0023】ハウジング2は、樹脂固定してある中空糸膜集束端部を固定する部材として機能し、散気管を固定、支持する部材でもある。また、中空糸膜集束端面よ

り得られる汚液を集め、導水管3に通じている。導水管3は、汚液が流れるパイプである。散気管4は、中空糸膜の膜面洗浄を行うために、水中でエアバブリングを行うためのものであり、パイプに孔を開けたものを用いる。孔の径、ピッチには特に制限はないが、モジュールの大きさ、バブリングの効率を考慮すると、パイプ系は8～30mm、孔の径は0.5～5mm、ピッチは30～200mmの範囲が好ましい。